

(10)



Europäisches Patentamt  
Eur pean Patent Office  
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

**0 187 904  
A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 85113653.1

(51) Int. Cl.<sup>4</sup>: **C 21 D 9/04**

(22) Anmeldetag: 26.10.85

(30) Priorität: 21.12.84 DE 3446794

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
23.07.88 Patentblatt 86/30

(64) Benannte Vertragsstaaten:  
AT CH DE FR GB LI LU NL

(71) Anmelder: Krupp Stahl AG  
Allee 165  
D-4630 Bochum 1(DE)

(71) Anmelder: Butzbacher Weichenbau GmbH  
Wetzlarer Strasse 101  
D-6308 Butzbach(DE)

(72) Erfinder: Heller, Wilhelm, Dr.-Ing.  
Elsterweg 8  
D-4100 Duisburg 14(DE)

(72) Erfinder: Flügge, Jürgen, Dr.-Ing.  
Grabenacker 108 a  
D-4100 Duisburg 14(DE)

(72) Erfinder: Ratz, Gerhard  
Gambacher Weg 28  
D-6308 Butzbach 3(DE)

(74) Vertreter: Patentanwaltsbüro Cohausz & Florack  
Postfach 14 01 47  
D-4000 Düsseldorf 1(DE)

(54) Verfahren zur Wärmebehandlung perlitischer Schienenstähle.

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung perlitischer Schienenstähle. Zur Erhöhung der Festigkeit und der Verschleißbeständigkeit wird bei Stählen mit 0,55 bis 0,82% C, 0,25 bis 0,50% Si, 0,80 bis 1,30% Mn, < 0,035% P, < 0,040% S, < 0,30% Cr, < 0,10% Ni, < 0,05% Mo, 0,05 bis 0,20% V, 0,02 bis 0,10% Nb, 0,010 bis 0,025% N, 0,010 bis 0,070% Al, Rest Eisen und übliche erschmelzungsbedingte Verunreinigungen,

ein fein lamellares Perlitgefüge durch eine Behandlung eingestellt,

- wobei der Schienenkopf im Durchlauf in hinreichender Tiefe bis zu 60 mm mittels Brenner oder induktiv auf eine Austenitisierungstemperatur von 950 bis 1050°C erhitzt und

- anschließend mit Preßluft derart abgekühlt wird, daß in einer ersten Stufe durch Anblasen mit hoher Luftmenge die Temperatur des Schienenkopfes innerhalb von 10 bis 20 Sekunden auf 650 bis 600°C vor den Bereich der Perlitumwandlung und in einer zweiten Stufe mit gegenüber der ersten Stufe gedrosseltem Anblasen im Bereich der Perlitumwandlung innerhalb von 2 bis 4 Minuten auf ca. 400°C bis zur Beendigung der Perlitumwandlung abgesenkt wird,

- wonach der Schienenkopf erneut auf 600 bis 650°C für einen Zeitraum von 4 bis 6 Minuten erwärmt und sodann mittels Wasser oder anderer geeigneter Abschreckmedien schnell auf eine Temperatur unter 100°C abgekühlt wird.

./...

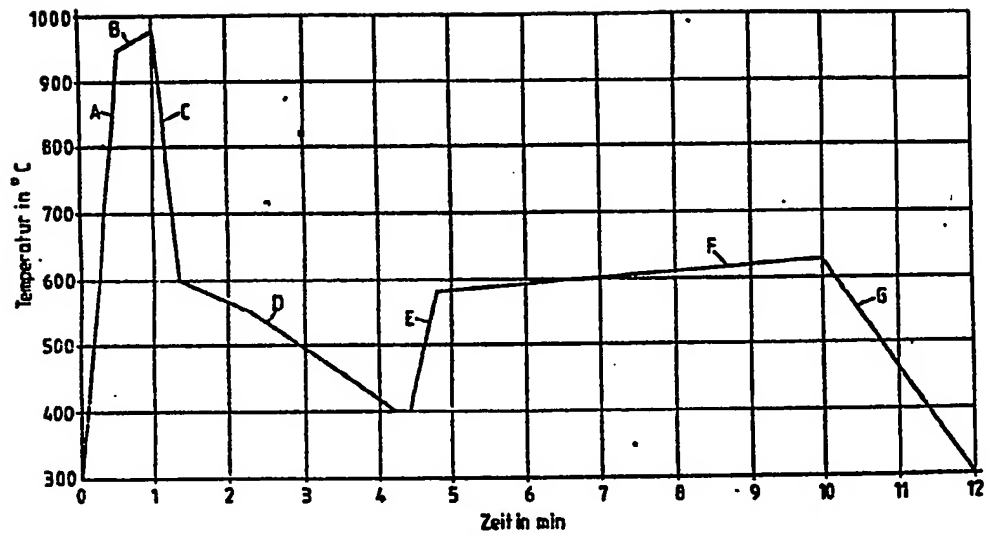


Fig.1

Krupp Stahl AG  
Alleestraße 165  
4630 Bochum 1

Butzbacher Weichenbau GmbH  
Wetzlarer Straße 101  
6308 Butzbach

1

5

### Verfahren zur Wärmebehandlung perlitischer Schienenstähle

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung perlitischer Schienenstähle gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

15

20

25

Verfahren zur Wärmebehandlung von Schienenstählen, bei denen die gesamte Schiene oder nur der Schienenkopf auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und anschließend derartig beschleunigt abgekühlt werden, daß durch Umwandlung in der unteren Perlitstufe sich ein feinlamellares perlitisches Gefüge einstellt, sind aus der Druckschrift DE-Z "Stahl und Eisen", 1970, Nr. 17, Seite 926 ff., bekannt. Ziel derartiger Wärmebehandlungsverfahren ist es, insbesondere bei Schienen mit Richtanalysen gemäß der Güte 90 A nach UIC-Merkblatt 860-V bzw. gemäß der Standardgüte nach AREA (0,60 bis 0,75 % Kohlenstoff, 0,80 bis 1,30 % Mangan, max. 0,50 % Silizium) an der Fahrfläche der Schiene bis zu einer Tiefe von mindestens 10 mm ein feinperlitisches Gefüge einzustellen, wobei sich durch dieses feinperlitische Gefüge ein erhöhter Widerstand gegen Verschleiß und eine vier- bis sechsfach höhere Lebensdauer gegenüber nichtwärmebehandelten Schienen ergibt.

30

Bei diesen Verfahren beträgt die übliche Austenitisie-

1 rungstemperatur 850 bis 900°C. Die Erwärmung erfolgt in  
in m Of n, induktiv oder durch Br nner. Die beschleunigte  
Abkühlung wird durch Abschrecken in Öl oder Anblasen mit  
Wasserdampf, einem Wassersprühnebel oder Preßluft erreicht.

Die bei diesen Verfahren erzielten Härtewerte liegen zwischen 320 und 380 HV an der Fahrfläche. Zur Schienenkopfmittle hin fällt die Härte je nach Wärmebehandlungsverfahren allmählich oder mit steilem Übergang auf 280 bis 300 HV ab.

Derartig wärmebehandelte Schienen werden eingesetzt in Strecken mit hohem Verkehrsaufkommen, engen Kurvenradien und/oder bei Achslasten über 200 kN sowie in Weichen.

Für besonders extreme Belastungen reichen jedoch die Festigkeits- und Verschleißigenschaften der o.a. wärmebehandelten Schienen nicht aus. Eine Festigkeitssteigerung unter Beibehaltung des angestrebten, für die Verschleißigenschaften günstigen feinerperlitisches Gefüges durch Zusatz von festigkeitssteigernden Legierungselementen wie Chrom, Mangan, Nickel und Molybdän ist nicht möglich, da bei der beschriebenen Wärmebehandlung bei Zugabe dieser Legierungselemente anstelle einer Umwandlung in der unteren Perlitstufe die Umwandlung z.T. in der Bainit- und Martensitstufe erfolgt und somit Gefüge entstehen, die sich ungünstig auf die Verschleißigenschaften und die Bruchsicherheit auswirken.

Zwar sind aus der Literaturstelle DE-Z Technische Mitteilungen Krupp, Werksberichte, Bd. 37 (1979), H. 3, Seiten 79 - 87 und 89 - 94 hochfeste perlitische Schienenstähle bekannt, die bei einem feinkörnigen Gefüge mit geringem Lamellenabstand und geringer Dicke der Zementit- und Ferritlamellen nach Zusatz von max. 1,4 % Chrom und max.

- 1 2 % Nickel, bezogen auf einen Stahl mit ca. 0,75 %  
Kohlenstoff und ca. 1 % Mangan Zugfestigkeiten bis 1350  
N/mm<sup>2</sup> im naturharten - luftabgekühlten - Zustand auf-  
weisen. Eine Steigerung dieser Festigkeit durch eine  
5 Wärmebehandlung, z.B. beschleunigte Abkühlung in das  
Gebiet der unteren Perlitstufe, führt jedoch zu den oben-  
erwähnten unerwünschten Anteilen an Bainit und Martensit  
im Gefüge.
- 10 Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Verfah-  
ren zur Wärmebehandlung von Schienenstählen der eingangs  
genannten Art so weiterzuentwickeln, daß unter Beibehal-  
tung des feinlamellaren perlitischen Gefüges an der Schie-  
nenfahrfläche Härtewerte von  $\geq 380$  HV erreicht werden,  
15 wobei die Härte auch noch in einer Tiefe von 15 mm unter  
der Fahrfläche oberhalb 360 HV liegen soll.

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß Schienenstähle mit  
der im Hauptanspruch angegebenen Analyse wärmebehandelt  
20 werden, wobei die Wärmebehandlung selbst bestimmten Au-  
stenitisierungs- und Abkühlbedingungen, wie im Kennzei-  
chen des Hauptanspruches niedergelegt, folgt.

Durch den erfindungsgemäß vorgesehenen Zusatz von Vana-  
25 dium in der Größenordnung von 0,05 bis 0,20 % in Verbin-  
dung mit dem vorgesehenen Stickstoffgehalt von 0,010 bis  
0,025 % wird insbesondere erreicht, daß nach Abschluß der  
Wärmebehandlung in den Ferritlamellen des feinstreifigen  
Perlits feindisperse Ausscheidungen von Vanadiumnitriden  
30 bzw. Vanadiumcarbonitriden vorliegen.

Diese feindispersen Ausscheidungen bewirken eine Festig-  
keitssteigerung (Ausscheidungs Härtung), die sich der Pha-  
sengrößenhärtung durch Einstellung eines geringen Lamel-  
lenabstandes überlagert. Die Härte der erfindungsgemäß  
35 wärmebehandelten Schienen wird dadurch gegenüber einem  
Vanadium-freien Stahl erhöht.

1 Entscheidend für den erfindungsgemäßen Erfolg ist bei den  
Verfahrensschritten insbesondere die Kombination der ge-  
genüber dem Stand der Technik erhöhten Austenitisierungs-  
temperatur von 950 bis 1050°C in Verbindung mit dem er-  
5 neuen Erwärmen des Schienenkopfes auf 600 bis 650°C nach  
Beendigung der Perlitumwandlung. Das erneute Erwärmen des  
Schienenkopfes führt zu einer vollständigen Ausscheidung  
feinster Vanadiumcarbonitridteilchen aus der übersättigten  
Lösung, in der sich Vanadium, Stickstoff und Kohlenstoff  
10 nach Austenitisieren auf 950 bis 1050°C befinden. Bei der  
beschleunigten Abkühlung auf Temperaturen von etwa 400°C  
kann die Ausscheidung der Vanadiumcarbonitridteilchen nur  
unvollständig ablaufen; deshalb wird dabei die gewünschte  
Festigkeitssteigerung nur teilweise eintreten.

15 Sind die Vanadiumcarbide bzw. Vanadiumcarbonitride feindispers  
ausgeschieden, wird anschließend der Schienenkopf mittels Wasser  
oder anderer geeigneter Abschreckmedien schnell auf eine Temperatur  
unter 100°C abgekühlt.

20 Die Wiedererwärmung des Schienenkopfes auf 600 bis 650°C  
bewirkt somit eine vollständige Aushärtung durch Ausscheidung  
feinster Vanadiumcarbide bzw. Vanadiumcarbonitride. Die vorherige  
Abkühlung des Schienenkopfes auf ca. 400°C  
25 stellt sicher, daß die Umwandlung in der Perlitstufe abgeschlossen  
ist und daß die nachfolgende Aushärtung mit einer hohen Keimdichte  
ablaufen kann.

Der erfindungsgemäß vorgesehene Zusatz von Niob in der  
30 Größenordnung von 0,02 bis 0,10 % bewirkt kaum eine zusätzliche  
Ausscheidungshärtung. Er ist dazu bestimmt, während der austenitisierenden  
Erwärmung das Kornwachstum in Verbindung mit den vorgesehenen  
Aluminiumzusätzen von 0,010 bis 0,070 % zu verhindern.

- 1 Die Merkmal der Unteransprüche stellen vorteilhafte Aus-  
gestaltung n der Erfindung dar.

5 So empfiehlt es sich, gemäß Anspruch 2 eine in den einzel-  
nen Elementen eingeschränkte Stahlanalyse zu verwenden.  
Zur beschleunigten Abkühlung können gemäß Anspruch 3 der  
Preßluft, insbesondere in der ersten Abkühlstufe, weitere  
flüssige Medien, wie Wasser oder Wasserdampf beigemischt  
werden.

10

Eine wirtschaftliche Verfahrensvariante stellen die Merk-  
male des Anspruches 5 dar, nach dem die Schienen aus der  
Warmverformungshitze heraus bei Walzendtemperaturen von  
950 bis 1000°C behandelt werden. Bei dieser Verfahrens-  
15 variante entfällt das Erwärmen der erkalteten Schiene auf  
die Austenitisierungstemperatur, wodurch Energiekosten  
eingespart werden. Bei dieser Verfahrensabwandlung wird  
zunächst der Schienenkopf durch Anblasen mit Preßluft auf  
feinlamellares perlitisches Gefüge gebracht, worauf nach  
20 Beendigung der Perlitumwandlung bei 400°C der Schienenkopf  
erneut auf 600 bis 650°C erwärmt und anschließend die ge-  
samt Schiene (Kopf, Steg und Fuß) mittels Wasser oder  
anderer geeigneter Abschreckmedien auf eine Temperatur  
unter 100°C schnell abgekühlt wird.

25

Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren durch  
zwei grafische Darstellungen näher erläutert.

Es zeigen

30

Fig. 1 den Temperatur-Zeit-Ablauf des Wärmebe-  
handlungsverfahrens für einen Stahl mit  
definierter Analyse,

35

1        Fig. 2     den Härteverlauf erfindungsgemäß wärme-  
                 behandelter Schienen im Schienenkopf in  
                 bestimmten Abständen von der Lauffläche.

5        In Fig. 1 sind die bei Durchführung des erfindungsgemäßen  
Verfahrens einzustellenden Temperaturen in °C während be-  
stimmter Verfahrensschritte A bis G in Abhängigkeit von  
der Zeit in Minuten für einen Schienenstahl mit einer  
chemischen Zusammensetzung von

10       0,75 % C, 0,46 % Si, 1,05 % Mn, 0,10 % V, 0,04 % Nb,  
         0,020 % Al, 0,015 % N, Rest Eisen und übliche Verunrei-  
         nigungen  
         aufgetragen.

15       Es bedeuten

Verfahrensschritte

- 20       A - Erwärmen auf Austenitisierungstemperatur  
         B - Halten bei Austenitisierungstemperatur  
         C - Schnelle Abkühlung bis zum Beginn der Perlitum-  
             wandlung  
         D - Gedrosselte Abkühlung auf rd. 400°C  
         E - Wiedererwärmen auf rd. 600°C  
25       F - Halten bei etwa 600°C  
         G - Abkühlung auf etwa 100°C.

30       In Fig. 2 ist die Härte HV im Schienenkopf in Abhängigkeit  
des Abstandes in mm von der Schienenlauffläche aufgetra-  
gen, und zwar in Form eines Streubandes für erfindungsge-  
mäß wärmebehandelte Schienen mit folgender Richtanalyse:

35       0,73 bis 0,80 % C, 0,40 bis 0,50 % Si, 0,90 bis 1,20 % Mn,  
         0,09 bis 0,12 % V, 0,03 bis 0,05 % Nb, 0,015 bis  
         0,040 % Al, 0,012 bis 0,018 % N, Rest Eisen.



1 Der untere Bereich des Streubandes gilt für

0,73 bis 0,75 % C, 0,40 bis 0,43 % Si, 0,90 bis 0,95 % Mn,  
0,09 bis 0,10 % V, 0,03 bis 0,05 % Nb, 0,015 bis  
5 0,040 % Al, 0,012 bis 0,014 % N.

Der obere Bereich des Streubandes gilt für

0,78 bis 0,80 % C, 0,47 bis 0,50 % Si, 1,15 bis 1,20 % Mn,  
10 0,11 bis 0,12 % V, 0,03 bis 0,05 % Nb, 0,015 bis  
0,040 % Al, 0,016 bis 0,018 % N.

Durch die neben der Härteskala gezeichnete Zugfestigkeits-  
skala ist die Umrechnung der Härte HV (Härtewerte nach  
15 Vickers) in Festigkeitswerte N/mm<sup>2</sup> (N = Newton) gegeben.

Innerhalb der o.a. Richtanalyse werden bei Durchführung  
des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens an der  
Schienenfahrfläche Härtewerte von 400 bis 445 HV ent-  
20 sprechend einer Festigkeit von 1350 bis 1500 N/mm<sup>2</sup> er-  
reicht.

In einer Tiefe von 15 mm unter der Schienenlauffläche  
(= Fahrfläche) liegen die Härtewerte in einem Bereich  
25 von 380 bis 425 HV weit oberhalb der geforderten Werte  
von 360 HV.

Der Härteverlauf der nach Fig. 1 wärmebehandelten Schiene  
mit der dort vorgegebenen chemischen Zusammensetzung  
30 trifft ungefähr die Mittelwerte des Streubandes nach  
Fig. 2.

## COHAUSZ &amp; FLORACK

PATENTANWALTSBÜRO

SCHUMANNSTR. 97 D-4000 DÜSSELDORF 1

Telefon: (0211) 68 33 46

Telefax: 0858 6613 cop d

PATENTANWÄLTE:

Dipl.-Ing. W. COHAUSZ · Dipl.-Ing. R. KNAUF · Dipl.-Ing. H. B. COHAUSZ · Dipl.-Ing. D. H. WERNER

- 8 -

## 1 Patentansprüche:

1. Verfahren zur Wärmebehandlung perlitischer Schienenstähle, bei dem zur Erhöhung der Festigkeit und der Verschleißbeständigkeit zumindest der Kopf der Schienen auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und anschließend derart beschleunigt abgekühlt wird, daß durch Umwandlung in der unteren Perlitstufe sich ein feinlamellares perlitisches Gefüge einstellt,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß Stähle mit

0,55 bis 0,82 % Kohlenstoff  
0,25 bis 0,50 % Silizium  
0,80 bis 1,30 % Mangan  
≤ 0,035 % Phosphor  
≤ 0,040 % Schwefel  
≤ 0,30 % Chrom  
≤ 0,10 % Nickel  
≤ 0,05 % Molybdän  
0,05 bis 0,20 % Vanadium  
0,02 bis 0,10 % Niob  
0,010 bis 0,025 % Stickstoff  
0,010 bis 0,070 % Aluminium  
Rest Eisen und übliche erschmelzungsbedingte Verunreinigungen,

eingesetzt werden,

30 84/420

W/Ka

- 1 - wobei der Schienenkopf im Durchlauf in hinreichender Tiefe bis zu 50 mm mitt ls Brenner oder induktiv auf eine Austenitisierungstemperatur von 950 bis 1050°C erhitzt und
- 5 - anschließend mit Preßluft derart abgekühlt wird, daß in einer ersten Stufe durch Anblasen mit hoher Luftmenge die Temperatur des Schienenkopfes innerhalb von 10 bis 20 Sekunden auf 650 bis 600°C vor den Bereich der Perlitumwandlung und in einer zweiten Stufe mit gegenüber der ersten Stufe gedrosseltem Anblasen im Bereich der Perlitumwandlung innerhalb von 2 bis 4 Minuten auf ca. 400°C bis zur Beendigung der Perlitumwandlung abgesenkt wird,
- 10 - wonach der Schienenkopf erneut auf 600 bis 650°C für einen Zeitraum von 4 bis 6 Minuten erwärmt und sodann mittels Wasser oder anderer geeigneter Abschreckmedien schnell auf eine Temperatur unter 100°C abgekühlt wird.

20 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß Stähle mit einer Analyse von

- 0,70 bis 0,80 % Kohlenstoff
- 25 0,40 bis 0,50 % Silizium
- 0,90 bis 1,20 % Mangan
- ≤ 0,035 % Phosphor
- ≤ 0,040 % Schwefel
- ± 0,30 % Chrom
- 30 ± 0,10 % Nickel
- ≤ 0,02 % Molybdän
- 0,08 bis 0,12 % Vanadium
- 0,02 bis 0,05 % Niob
- 0,012 bis 0,018 % Stickstoff
- 35 0,010 bis 0,050 % Aluminium

1 Rest Eisen und übliche Verunreinigungen

wärmebehandelt werden.

5 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß der Preßluft, insbesondere in der ersten Abkühl-  
stufe, flüssige Medien, wie Wasser oder Wasserdampf,  
beigemischt werden.

10

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß die Austenitisierungstemperatur 950 bis 1000°C  
beträgt.

15

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
daß die Schienen aus der Warmverformungshitze heraus  
bei Walzendtemperaturen von 950 bis 1000°C behandelt  
20 werden, wobei zunächst der Schienenkopf durch Anbla-  
sen mit Preßluft ein feinlamellares perlitisches Ge-  
füge erhält, nach Beendigung der Perlitumwandlung bei  
400°C der Schienenkopf erneut auf 600 bis 650°C er-  
wärmt und anschließend die gesamte Schiene (Kopf, Steg  
25 und Fuß) mittels Wasser oder anderer geeigneter Ab-  
schreckmedien schnell auf eine Temperatur unter 100°C  
abgekühlt wird.

30

35

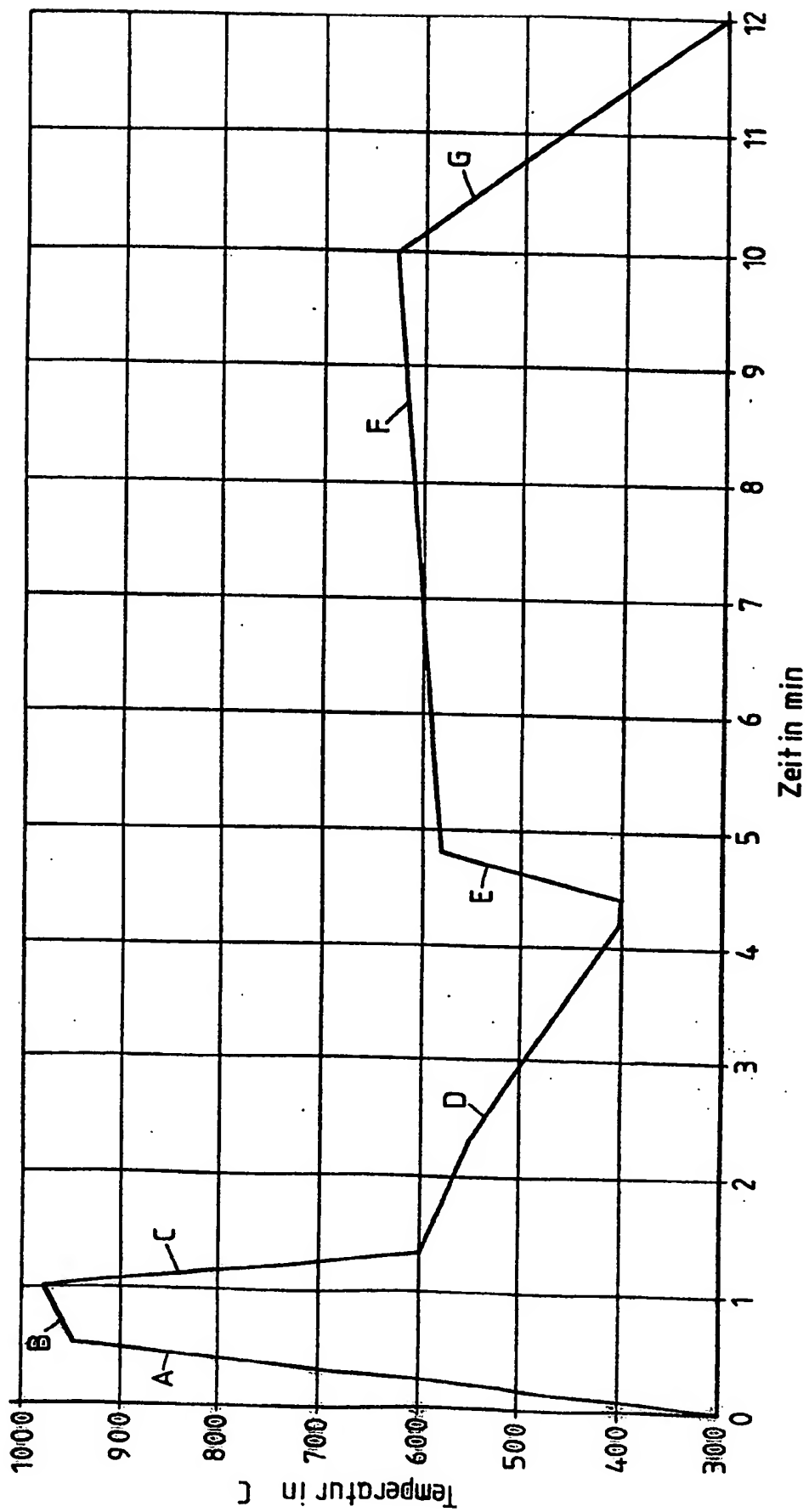


Fig. 1

0187904

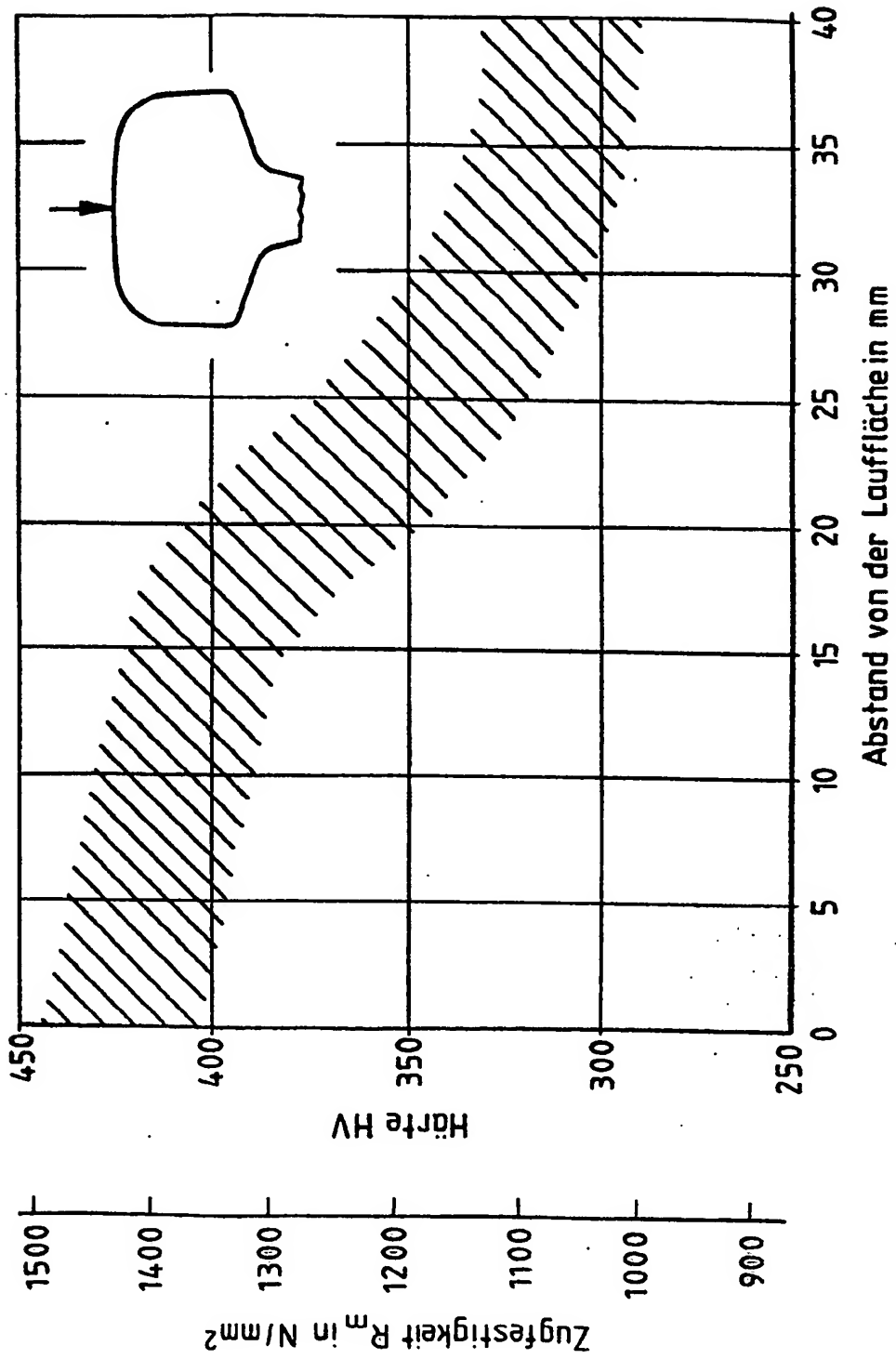


Fig.2